

PCT/KR 03/01203

RC 18.06.2003

Rec'd PCT/PTO 08 JUL 2005



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2003-0001854
Application Number

REC'D 09 JUL 2003

WIPO PCT

출원년월일 : 2003년 01월 11일
Date of Application JAN 11, 2003

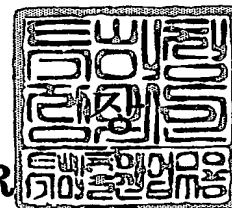
출원인 : (주)엘립소테크놀러지
Applicant(s) ELLIPSO TECHNOLOGY CO., LTD.



2003 년 06 월 18 일

특 허 청

COMMISSIONER



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2003.01.11
【국제특허분류】	G01B7/02
【발명의 명칭】	개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법.
【발명의 영문명칭】	Apparatus and method for measurement of film thickness using improved Fast Fourier Transformation.
【출원인】	
【명칭】	(주)엘립소테크놀러지
【출원인코드】	1-2001-049073-5
【대리인】	
【성명】	정연용
【대리인코드】	9-2000-000448-1
【포괄위임등록번호】	2001-069854-3
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김상준
【성명의 영문표기】	KIM,Sang June
【주민등록번호】	691117-1067021
【우편번호】	442-190
【주소】	경기도 수원시 팔달구 우만동 512-5 27통 1반
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김상열
【성명의 영문표기】	KIM,Sang Yeol
【주민등록번호】	540706-1119612
【우편번호】	463-809
【주소】	경기도 성남시 분당구 구미동 63 까치마을 403-1802
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
정연용 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 17 면 17,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 6 항 301,000 원

【합계】 347,000 원

【감면사유】 소기업 (70%감면)

【감면후 수수료】 104,100 원

【첨부서류】

1. 소기업임을 증명하는 서류_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 상세하게는 광원과 상기 광원으로부터 방출된 광을 집속하여 광섬유의 일측으로 조사시킨 후, 렌즈를 통해 박막이 있는 기판의 시료표면으로 조사시키고, 상기 시료표면으로부터 반사된 광을 수용하여 렌즈를 통해 광섬유의 타측으로 출사시키는 수광부;와 상기 시료표면으로부터 반사되어, 렌즈를 통해 광섬유로 입력되어, 상기 광섬유의 타측으로 출사된 반사광을 각 파장의 광강도(스펙트럼)에 따라 분할하고, 각 파장의 광량을 제공하는 검출부;와 상기 검출부를 통해 검출된 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환하는 변환부;와 상기 변환부에 통해 변환된 데이터를 굴절률 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 진동수를 구하는 연산부;와 상기 연산부에 통해 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정 및 분석하고, 디스플레이되는 분석부;를 포함하여 구성되어, 고정밀도의 막두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

【대표도】

도 2

【색인어】

두께, 푸리에변환, 굴절률 분산, HD-DVD

【명세서】

【발명의 명칭】

개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법. {Apparatus and method for measurement of film thickness using improved Fast Fourier Transformation.}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 타원 측정 장치를 이용한 막 두께 측정 방법을 도시한 도면.

도 2는 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치의 구성도.

도 3은 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법을 나타낸 흐름도.

도 4 ~ 도 7은 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 유전박막을 이용하여 측정한 실험 결과도로,

도 4a는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막에 의한 반사율 스펙트럼을 나타낸 그래프도.

도 4b는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막의 굴절률 분산 곡선을 나타낸 그래프도.

도 5는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막에 의한 반사율 스펙트럼을 에너지 축에 대해 나타낸 그래프도.

도 6a와 도 6b는 유전박막의 굴절률 분산 고려 유무를 통해 반사율 스펙트럼의 피크간 간격을 에너지에 대해 나타낸 비교 그래프도.

도 7a와 도 7b는 유전박막의 굴절을 분산 고려 유무를 통해 반사율 스펙트럼의 고속 푸리에 변환을 비교한 그래프도.

도 8 ~ 도 9는 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 실제 시료인 HD-DVD에 적용하여 분석한 비교 결과도로,

도 8a 및 도 8b는 파장 분해능에 따른 반사 스펙트럼을 비교한 그래프도.

도 9a는 파장 분해능이 낮은 반사 스펙트럼의 푸리에 변환한 그래프도.

도 9b는 파장 분해능은 높으나, 굴절을 분산을 고려하지 않은 반사 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도.

도 9c는 파장 분해능도 높고, 굴절을 분산도 고려한 반사 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10: 수광부	12: 광원
20: 광섬유	26: 렌즈
30: 기판	32: 박막
40: 검출부	42: 분광기
44: 광측정소자배열	46: 변환부
52: 연산부	54: 분석부

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <22> 본 발명은 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 굴절을 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transformation, FFT)하여 얻은 진동주기로부터 막두께 측정시 정밀도를 향상시킨 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.
- <23> 산업의 발달과 더불어 고밀도 고집적화의 추세에 따라 박막을 필요로 하는 소자들이 많아지고 소자들의 많은 부분이 박막으로 교체되고 있으며, 기술의 발전에 따라 집적회로와 광전자 소자와 디스플레이 등에 수~수십 nm 두께의 박막을 일정한 두께로 균일하게 형성할 필요성이 대두되고 있을 뿐만 아니라, 반도체 소자의 절연층과 능동층, 액정 표시 소자의 투명 전극, 전기발광(electroluminescence, EL) 표시 소자의 발광층과 보호층 등의 여러 응용에 박막이 기술적으로 매우 중요한 소자로 부각되고 있다.
- <24> 박막 두께는 제조수율과 신뢰성에 크게 영향을 미치는 중요한 제어 인자로, 반도체, 광학재료의 제조 공정에서 공정 제어를 위한 실시간 측정의 필요성이 증대되고 있다.
- <25> 또한, 요구되는 박막의 두께도 수 Å에서 수백 nm 또는 수 μm 에서 수백 μm 까지 다양해짐에 따라 다양한 박막들을 측정하고 분석할 수 있는 여러 가지 방법들이 새로이 개발되거나 기존의 방법들이 개량되고 있다.

<26> 종래기술(한국특허공보 제 4411호)로, 박막 두께를 측정하는 방법의 하나인 탐침을 사용하여 측정하는 기계적인 방법으로, 박막 재료를 증발시키기 위한 증발원과 증발된 재료 플라즈마를 발생시키기 위한 탐침을 갖춘 진공실에 기판이 배치되고, 탐침과 기판이 진공실 내에 상호 공간적으로 일정 간격으로 배치되고, 탐침과 기준 전위 레벨 사이에 나타나는 전압과 탐침과 플라즈마를 통해 흐르는 전류를 포함하는 다수의 동작 파라미터 중 제1 파라미터를 시간 간격 동안 고정된 값으로 고정하고, 기판 상에 증발된 물질의 증착율에 비례하여 변하는 탐침 동작 변수 중 제2 파라미터 값을 측정하여 박막 두께를 측정하는 박막두께 측정법이 있다.

<27> 상기와 같이 박막두께를 측정할 때 탐침 등을 사용하는 기계적인 방법은 측정할 박막에 영향을 주거나 무른 물질의 박막일 경우에는 측정값 자체의 정확도가 떨어지게 된다.

<28> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 박막의 두께를 측정할 때 측정하는 박막에 영향을 거의 주지 않는 광학적으로 측정하는 방법이 출현하게 되었다.

<29> 박막의 두께를 결정하는 광학적인 방법으로는 특수한 광도계(photometry)의 하나이며, 빛의 편광상태 변화를 측정 및 분석을 통하여 시료의 물성과 구조에 대한 정보를 정밀하게 얻을 수 있어 반도체 산업의 산화막의 두께 및 두께 분포의 측정을 포함하여 박막 등의 분석에 익히 알려진 타원계(ellipsometer)를 이용하거나 반사율(reflectance), 투과율(transmittance)등을 측정하여 구하는 방법, 간섭계(interferometer)를 이용하는 방법 등이 있다. 이러한 광학적인 방법들은 측정하는 시료에 영향을 주지 않고 수 Å에서 수 μm 의 박막의 두께를 간편하게 측정할 수 있어 일반 산업체에 널리 알려져 있다.

<30> 도 1은 종래 타원 측정 장치를 이용한 막두께 측정 장치에 관한 것으로, 타원 측정 장치를 이용한 막 두께 측정 장치는 편광자모듈(101)과 검광자모듈(102)을 포함하여 구성되며, 광원으로부터의 광은 편광자모듈(101)에 의해 편광되어 작업 대상물인 박막 형성기판(103)내로 입사된다. 상기 기판(103)으로부터 반사된 광은 검광자모듈(102)에서 수집되고, 그 반사광의 편광 상태는 검출기에 의해서 검출된다. 검출기는 입사광의 편광 상태를 반사광의 편광 상태와 비교하여 막 두께의 광학적 상수 (굴절율, 감쇄계수)를 얻는다.

<31> 그러나, 상기 타원 측정 장치를 이용한 막두께 측정 장치는 기판(103)에 수직 진동, 경사, 시프팅 등이 있을 때에는 박막 두께는 측정될 수 없었으며 특히, 두께가 대략 0.5 - 1.1 mm이고 크기가 적어도 수백 mm 평방으로서 큰 박막 유리 기판을 사용하는 액정 표시 장치의 제조 라인에서는 기판에서 중대한 휨(warping)(부분적 경사), 진동 등이 일어나는 문제점이 있었다.

<32> 대개 박막의 두께가 수 μm 이하일 경우에는 타원법에 의한 박막 분석이나 반사율 측정등 정량적인 광량측정 방법에 의존하며, 수십 μm 에 이르는 비교적 두꺼운 박막의 두께를 분석하는 경우에는 박막에 의한 간섭효과로 인하여 반사율 또는 투과율 스펙트럼에서 나타나는 진동주기로부터 두께를 측정하는 방법도 사용되고 있다.

<33> 특히, 두께가 수십 μm 또는 수백 μm 에 이를 경우 두꺼운 박막에 의한 간섭효과를 제대로 구현하기 위한 분광기의 파장 분해능(resolution)과 광원이나 박막자체의 결맞음성(coherency)에 관한 요구조건이 까다롭기 때문에 이는 상기와 같은 기존의 광학적인 방법으로 두꺼운 박막의 두께를 결정하는데 있어서 장애물로 작용하였다. 분광기의 파장 분해능이나 결맞음성이 떨어질 경우에는 간섭에 의한 스펙트럼의 진동주기(또는 진동수)

를 구하고 이로부터 박막의 두께를 결정하는 방법이 유용하게 사용되나, 두꺼운 막을 가졌을 경우, 주기가 큰 수치값을 나타냄에 따라 박막 두께 계산에 필요한 시간이 증대되어, 두꺼운 막의 두께를 간편하며 빠르게 측정하고자 하는 산업체로부터의 요구에 대응하기 위해서는 스펙트럼의 진동주기를 빠르게 구하여야 하는데, 파장 분해능이 낮으면 진동주기를 빠르게 확인할 수 없는 문제점이 있었다.

- <34> 스펙트럼의 진동주기를 빠르게 구하기 위하여 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transformation, FFT)를 사용하고 있으나, 박막물질의 굴절을 분산을 고려하지 않기 때문에 피크간의 간격이 완만하게 감소하고, 파장에 따라 다른 굴절률을 가지고 있어서 푸리에 피크 위치를 나누는 굴절률 값에 따라 얻어지는 두께값이 달라지는 문제점이 있었으며, 피크의 크기 감소 및 폭의 증가를 야기시켰다.
- <35> 즉, 진동주기가 불규칙하여 구해지는 막두께의 정확성에 문제를 야기시키는 큰 단점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <36> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로,
- <37> 본 발명의 목적은 파장에 따르는 굴절률의 변화, 즉 굴절을 분산을 반영하기 위하여 빛 에너지에 굴절률 가중치를 곱한 새로운 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환을 통해 얻어진 진동주기를 통하여 빠른 분석 속도 및 고정밀도의 막두께 측정 장치 및 방법을 제공하고자 하는 데 있다.

<38> 본 발명의 다른 목적은 기관상에 반사광에 의해 반사막이 일정 면적비로 형성되어 있거나, 기관사에 다층 박막이 형성된 경우에도 푸리에 변환시 피크폭이 넓어짐을 방지함과 아울러, 피크위치 결정의 정확성을 유지하여 고정밀도로 박막 두께를 측정할 수 있는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치를 제공하고자 하는 데 있다.

<39> 본 발명의 또 다른 목적은 반사율 스펙트럼 뿐만 아니라, 투과율 스펙트럼 등과 같이 두꺼운 박막의 간섭에 의한 진동을 보이는 다른 스펙트럼에도 적용되어 정밀하게 막두께를 측정할 수 있는 방법을 제공하고자 하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<40> 본 발명은 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치는 광원과 상기 광원으로부터 방출된 광을 광섬유의 일측으로 조사시켜 렌즈를 통해 박막이 있는 기관의 시료표면에 수직으로 조사시키고, 박막이 있는 기관의 시료표면으로부터 반사된 광을 수용하여 렌즈를 통해 광섬유의 타측으로 출사시키는 수광부;와 상기 시료표면으로부터 반사되어, 렌즈를 통해 광섬유로 입력되어 타측으로 출사된 반사광을 각 파장의 광강도(스펙트럼)에 따라 분할하고 각 파장의 광량을 제공하는 검출부;와 상기 검출부를 통해 검출된 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환하는 변환부;와 상기 변환부에 통해 변환된 데이터를 굴절률 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 진동수를 구하는 연산부;와 상기 연산부에 통해 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정 및 분석하고, 디스플레이되는 분석부;를 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

<41> 또한, 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치는 굴절을 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구한 진동수에 의해 막두께를 측정하는 것을 그 특징으로 한다.

<42> 또한, 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법은 박막이 성장된 기판 상에 광원으로부터 방출된 광을 집속하여 광섬유의 일측끝에 조사시키고, 상기 광섬유의 일측 끝으로부터 조사된 광을 렌즈를 통하여 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 조사시키는 단계;와 상기 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 조사된 광이 반사되어 렌즈를 통하여 광섬유로 입력되어, 상기 광섬유의 타측 끝으로 출사시키고, 상기 출사된 광을 파장별로 분산시키는 검출부를 통하여 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환되는 단계;와 상기 변환된 신호를 통하여 굴절을 분산을 반영하여 고속 푸리에 변환을 통해 구해진 진동주기에 의해 막두께를 연산하고, 상기 연산된 막두께에 의해 막의 두께를 분석하고, 디스플레이하는 단계;를 포함하여 이루어짐을 특징으로 한다.

<43> 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

<44> 도 2는 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치의 구성도를 나타낸 것으로, 본 발명에 따른 반사율 스펙트럼 측정에 의해 막두께를 측정하는 막두께 측정 장치는 광을 박막(32)이 있는 기판(30)에 수직으로 입사시키고, 상기 기판으로부터 반사된 광을 수용하는 수광부(10)와 상기 수광부(10)로부터 반사된 광을 분할하고, 상기 분할된 광의 각 편광상태별, 각파장별 광량을 제공하는 검출부(40)와 상기 검출부(40)로부터 검출된 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환하는 변환부(46)와 상기 변환부(46)에 통해 변환된 데이터

를 굴절을 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 진동수를 구하는 연산부(52)와 상기 연산부(52)에 통해 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정 및 분석하고, 디스플레이되는 분석부(54)를 포함하여 구성된다.

<45> 상기 수광부는 광원(12)과 광섬유(20), 렌즈(26)를 포함하여 구성되며, 상기 광원(12)에서 방출된 광을 집속하여 Y자 모양의 광섬유(20)의 갈래진 일측 끝(22)에 조사시키고, 광섬유의 모아진 끝에서 방출되는 빛을 배율이 4-10 배되는 렌즈(26)로, 대물렌즈를 사용하여 박막(32)이 있는 시료표면에 수직으로 조사시킨다.

<46> 시료면상에서의 빔의 직경은 광섬유의 직경과 대물렌즈의 배율에 따라 수백 미크론 범위에서 조절되며, 시료 표면에서 반사한 빛은 다시 대물렌즈를 통하여 광섬유(20)로 입력되며 Y자 타측 끝단(24)으로 출사하고, 상기 출사된 빛은 검출부(40)로 전달된다.

<47> 상기 검출부(40)는 분광기(spectrograph)(42)와 광측정소자배열(44)을 포함하여 구성되며, 상기 분광기(42)는 각 파장의 강도에 따라서 상기 기판(30)의 시료 표면으로부터 반사된 광을 분할한 다음, 상기 광측정소자배열(44)로 들어가 각 파장에서의 광량을 제공한다.

<48> 상기 변환부(46)는 상기 검출부(40)를 통해 검출된 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환한 후, 고속 A/D 변환기를 거쳐 디지털신호로 변환된 데이터를 사용하여 연산한 후, 막두께를 측정한다.

<49> 상기 연산부(52)는 굴절을 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구한 진동수에 의해 박막의 두께를 연산하며, 상기 연산부(52)는 고속 푸리에 변환에 의해 박막 두께를 분석하는 시간을 줄일 수 있다.

- <50> 상기 연산부(52)에 의해 연산된 진동수에 의해 막두께를 측정 및 분석하고, 그 측정 및 분석 결과를 디스플레이되는 분석부(54)를 통해 박막의 결함 발생을 통지하거나 박막의 조건을 설정하는데 참조될 데이터베이스를 개발할 수 있다.
- <51> 바람직하게는 상기 연산부(52)와 분석부(54)에서 실행되는 막 두께 측정은 컴퓨터에 의하며, 상기 컴퓨터는 분광기(42)와 광배열소자배열(44)로부터 각 파장에 대한 스펙트럼 데이터를 수신하여 박막의 두께를 연산하고, 박막 두께에 관련된 데이터를 저장한다.
- <52> 여기서, 상기 광섬유는 Y자 모양으로, 상기 모양에 국한되는 것은 아니며, 렌즈 또한 대물렌즈를 사용하였지만, 그것에 꼭 부합되어야 하는 것은 아니다.
- <53> 도 3은 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법을 나타낸 흐름도를 나타낸 것으로, 본 발명에 따른 막두께 측정 장치는 광원, 광섬유, 렌즈를 포함하여 구성된 수광부와 분광기 및 광측정소자를 포함하여 구성된 검출부와 변환부, 연산부, 분석부를 포함하여 구성된다.
- <54> 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법은 박막이 성장된 기판 상에 광원으로부터 방출된 광을 집속하여 광섬유의 일측 끝에 조사시키고(S30), 상기 광섬유의 일측 끝으로부터 조사된 광을 렌즈를 통하여 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 비춘다(S32).
- <55> 상기 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 조사된 광이 반사되어 렌즈를 통하여 광섬유로 입력되어, 상기 광섬유의 타측 끝으로 출사시켜(S34) 상기 출사된 광을 각 파장의 스펙트럼으로 분할시킨 다음, 각 파장에서의 광량을 제공하게 된다(S36).

<56> 상기 각 파장에서의 광량을 제공받은 후, 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환하여(S38) 상기 변환된 데이터에 의해 굴절률 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 구해진 진동수를 구하여, 상기 구한 진동수에 의해 막두께를 연산한다(S40).

<57> 상기 연산된 막두께에 의해 막의 두께를 분석하고, 디스플레이하고, 그 데이터를 누적시켜 저장한다(S42).

<58> 우선, 본 발명에 따른 간섭에 의한 반사율 스펙트럼의 진동주기를 구할 때 사용하는 종래의 방법을 개선하여 파장에 따르는 굴절률의 변화, 굴절률 분산을 반영하여 수정된 고속 푸리에 변환에 대해서 상세히 알아보기로 한다.

<59> 여기서, 유전박막에 의한 간섭 효과를 통하여 굴절률 분산을 고려하여 막두께를 측정함으로써, 굴절률 분산의 고려와 고속 푸리에 변환을 사용하는 목적에 대하여 알아보면, 굴절률 분산을 반영하는 이유는 실제 박막을 구성하는 물질이 가지고 있는 굴절률의 파장 의존성, 즉 박막 굴절률의 분산이 존재하기 때문에 간섭에 의한 진동주기의 두 광파의 에너지의 차이가 일정하지 않으며, 그로 인해 반사 스펙트럼을 에너지 축에서 고속 푸리에 변환할 때 얻어지는 진동수의 피크는 굴절률의 분산 정도에 따라 그 폭이 넓어지며 피크의 위치도 부정확하여 막두께를 측정하는데 오차를 증가시키는 요인이 되기 때문에 고정밀도로 막두께를 측정하기 위해서 굴절률 분산을 고려하는 것이다.

<60> 유전박막에 의한 간섭효과를 통해 본 발명을 구체적으로 설명하면,

<61> 유전체로 구성된 두께가 균일한 박막이 있을 때 매질인 공기와 유전체간의 반사광의 세기는 대략 입사광 세기의 수 % 내외이다. 따라서 반사광에 의한 간섭은 근사적으로

표면에서의 반사광과 박막을 1회 왕복한 제1차 반사광만을 고려하여도 무방하다. 수직 입사의 경우 유전박막의 표면에서의 반사파와 유전박막을 1회 왕복한 반사파간의 광로차(optical path difference, OPD)는 수학식 1과 같다.

<62> 【수학식 1】 $OPD = 2n_f d$

<63> 여기서, n_f 는 박막의 굴절률, d 는 박막의 두께를 나타낸다.

<64> 반사에 따른 위상변화를 고려할 때 수학식 1에 의하면, $n_f d$ 가 빛의 파장의 1/4의 홀수배 또는 짝수배의 여부에 따라 보강간섭 또는 소멸간섭을 일으킨다.

<65> 빛의 파장을 λ 라 하면, 비교적 두꺼운 박막에 의한 보강간섭이나 소멸간섭이 일어날 조건은 아래와 같은 수학식 2로 쓸 수가 있다.

<66>
$$n_f d = \frac{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)}{2\Delta\lambda} \approx \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda}$$

【수학식 2】
$$= \frac{619.9}{\Delta E}$$

<67> 여기서, $\Delta\lambda$ 와 ΔE 는 간섭에 의한 진동주기 즉 보강간섭(또는 소멸간섭)을 일으키는 인접하는 두 광파의 파장의 차이($\Delta\lambda$), 또는 에너지의 차이(ΔE)를 각각 파장(nm)축 또는 에너지(eV)축에서 측정한 값을 가리키며 두께의 단위는 파장의 단위와 마찬가지로 nm 이다.

<68> 두꺼운 박막의 경우, $\Delta\lambda$ 와 ΔE 는 박막의 두께에 반비례하며, $\Delta\lambda$ 와 ΔE 의 크기 감소에 비례하여 수학식 2의 근사식의 오차도 감소한다.

<69> ΔE 는 반사 스펙트럼의 진동주기를 에너지 축에서 구한 값의 역수 즉 에너지 축에서 구한 반사 스펙트럼의 진동수로, 박막의 굴절률인 n_f 가 일정할 경우에는 ΔE 도 일정하며, 이는 고속 푸리에 변환을 적용할 수 있도록 하는 이론적인 근거를 제공한다.

<70> 에너지 축에서의 반사 스펙트럼의 진동수를 f_E 라 하면, 수학식 2는 다음 수학식 3과 같이 표현된다.

<71> **【수학식 3】** $n_f d = 619.9 \times f_E$

<72> 그러나, 실제로 박막을 구성하는 물질은 n_f 의 분산이 존재함에 따라서, 굴절률 분산을 반영하여 정확하게 막두께를 측정할 수 있도록 한다.

<73> 상기 굴절률 분산을 반영하여 고속 푸리에 변환을 통해 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정은 굴절률 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 사용하여 고속 푸리에 변환하여 진동수를 구하는데, 이는 수학식 4와 같이 표현된다.

<74> **【수학식 4】** $d = \frac{619.9}{\Delta(n_f E)} = 619.9 \times f_{nE}$

<75> 여기서, f_{nE} 는 굴절률 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 푸리에 변환하여 구한 진동수를 말한다.

<76> 상기에서 살펴본 바와 같이 본 발명에서는 상기 굴절률 분산을 고려하기 위하여 굴절률 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구한 진동수에 의해 막두께를 측정한다.

<77> 상기 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transformation)은 푸리에 변환의 일종으로 푸리에 변환 속도를 크게 향상시킨 것이다.

<78> 여기서, 푸리에 변환에 대해 설명하면서, 본 발명에 관한 고속 푸리에 변환을 통하는 목적을 상세히 알아보기로 한다.

<79> 모든 파형은 단순한 정현파의 합으로 표현할 수 있다는 개념을 기초로 하여 이루어지는 푸리에 변환에서 대부분의 신호처리는 주파수 공간과 시간 공간으로 알려진 수학적 공간상에서 이루어진다. 일반적인 신호는 복합적인 여러 주파수 성분을 가지므로, 이를 부분적으로 다른 주파수를 가진 정현파들의 합으로 분해할 수 있다. 때로는 하나의 파형으로만 간주할 경우 분석하기 힘든 여러 다른 주파수의 합성신호를 각각의 주파수별로 분해하여 분석하고, 그 결과를 재합성하여 원신호의 분석결과로 나타내는 과정을 따름으로써 합성신호를 쉽게 처리할 수 있게 된다. 일반적인 신호를 실제의 세계인 시간영역과 주파수영역과의 관계로써 나타내면 푸리에 변환식들은 수학식 5와 같다.

<80>

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) e^{-j2\pi ft} df$$

【수학식 5】

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{j2\pi ft} dt$$

<81> 이 변환들을 푸리에 변환, 그리고 푸리에 역변환이라고 부른다.

<82> 실제 측정 및 분석에서는 위의 식들을 그대로 사용할 수는 없다. 그 첫 번째 이유는 컴퓨터에 입력되는 신호의 시간영역에서의 변위는 불연속적이기 때문이고, 두 번째 이유는 수학식 5의 푸리에 적분은 무한대의 범위에 걸쳐 행하여지지만, 입력되는 실제 신호는 한정된 범위에 걸쳐 있기 때문이다.

<83> 실제 측정에서 구해지는 유한영역에서의 이산적인 신호에 적용되는 푸리에 변환은 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transformation, DFT)으로, 이산 푸리에 변환을 간단히 설명하면 파형이 시간축(또는 에너지축)에서 T간격으로 입력된다고 하면, 파형 배

열은 $x(0), x(1), x(2), \dots, x[(N-1)T]$ 와 같이 쓸 수 있다. 이 때 $x(nT)$, ($n = 0, 1, 2, \dots, N-1$)의 이산 푸리에 변환은 주파수(또는 박막의 두께) 관점에서 $X(k) = X(0), X(1), X(2), \dots, X(N-1)$ 와 같은 복소수 값의 배열을 갖는다. 이 경우 이산 푸리에 변환의 구체적인 표현은 다음의 수학적 식 6과 같다.

<84> **【수학적 식 6】**
$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-j\omega nT} = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-j2\pi kn/N}, (\omega = 2\pi/NT)$$

<85> 상기 이산 푸리에 변환은 k 번째의 요소와 $k+N$ 번째 요소를 비교하면 동일한 값을 보여주는 주기가 N 인 주기성을 가진다. 이는 이산 푸리에 변환의 중요한 속성으로 고속 푸리에 변환과 밀접한 연관이 있다. 수학적 식 6에 따라 N 개의 입력치를 다루는 이산 푸리에 변환을 한다면 $N \times N$ 회의 곱의 계산과 $N(N-1)$ 회의 합의 계산을 하게 된다. 이 횟수는 N 이 커짐에 따라 대략 N 의 제곱에 비례하여 증가하여 광측정소자배열(photo-diode array, PDA)에서와 같이 $N=1024$ 또는 $N=2048$ 과 같은 큰 수치값을 가질 경우 상당한 계산 시간을 필요로 하게 된다.

<86> 고속 푸리에 변환은 푸리에 변환의 계산 속도를 향상시키기 위해서 사용되는 알고리즘으로, 고속 푸리에 변환은 이산 푸리에 변환에 비해 계산량을 N^2 회에서 $N/2 \log_2 N$ 회로 감소시켜 주므로 푸리에 변환을 할 때 소요되는 계산시간을 크게 단축시켜줌으로써, 빠른 분석 속도를 유지함으로써, 실시간 측정 및 분석을 바라는 산업체의 요구에 적극 대응할 수 있다.

<87> 본 발명인 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 유전박막의 간섭효과를 이용하여 더 상세히 살펴보기로 한다.

- <88> 도 4 ~ 도 7은 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 유전박막을 이용하여 측정한 실험 결과도를 나타낸 것으로, 막두께 측정 장치는 도 2에서 도시된 바와 같이 광원, 광섬유, 렌즈, 박막이 있는 기판, 분광기, 광 측정소자배열, 변환부, 연산부 및 분석부를 포함하여 구성되어 막두께를 측정한다.
- <89> 도 4a는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막의 반사율 스펙트럼을, 도 4b는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막의 굴절을 분산 곡선을 나타낸 그래프도를 나타낸 것이며, 도 5는 두께가 $30\mu\text{m}$ 인 유전박막에 의한 반사율 스펙트럼을 에너지 축에 대해 그래프를 나타낸 것이다.
- <90> 고속 푸리에 변환을 할 때 굴절을 분산을 반영함으로써 피크폭이 줄어들고 피크의 크기가 커지는 것을 도 4a와 도 4b에 도시된 바와 같은 두께가 $30\mu\text{m}$ 의 유전박막에 의한 반사율 스펙트럼 분석을 통해 먼저 확인할 수 있다. 유전박막은 지지하는 기층이 없이 공기 중에서 박막 단독으로 존재하는 것으로 설정하였으며, 도 4a는 전산시뮬레이션(simulation)으로 구한 반사율 스펙트럼이며, 도 4b는 전산시뮬레이션에 사용된 박막의 굴절을 분산곡선이다.
- <91> 박막에 의한 빛의 간섭으로 인하여 진동하는 반사율 스펙트럼의 진동주기는 수학식 2에서와 같이 대략 파장의 제곱에 비례하며, 빛의 에너지 축에 대해 그리면 반사율 스펙트럼의 진동주기는 도 5에 도시된 바와 같이 거의 일정하게 나타난다. 단지 굴절을 분산에 의한 효과를 보정하지 않았기 때문에 높은 에너지 영역으로 갈수록 그 진동주기가 조금씩 감소하게 된다. 진동하는 반사율 스펙트럼에서 진동주기 즉 피크간의 간격을 세밀하게 관찰하면 굴절률의 분산을 반영한 경우와 그러하지 않은 경우의 차이점을 분명하게 확인할 수 있다.

- <92> 굴절을 분산을 반영한 경우와 그렇지 않은 경우를 도 6a와 도 6b를 참조하여 설명하면, 도 6a는 유전박막의 굴절을 분산을 고려하지 않은 경우, 반사율 스펙트럼에서 관찰되는 피크간의 간격을 에너지에 대해 그린 그래프도이며, 도 6b는 유전박막의 굴절을 분산을 고려하고, 반사율 스펙트럼의 피크간 간격을 에너지에 대해 나타낸 그래프도로, 도 6a와 도 6b를 비교하여 보면, 그 효과를 더욱 확실히 알 수 있다.
- <93> 도 6a는 유전박막의 굴절을 분산을 고려하지 않고 피크간의 간격을 구한 것으로 빛의 에너지가 커질수록, 즉 단파장 영역으로 갈수록 피크간의 간격이 줄어드는 것을 보여준다. 반면 도 6b는 수식 4에서와 같이 빛의 에너지에 굴절을 가중치를 곱하여 굴절률의 분산을 반영한 뒤 피크간의 간격을 구한 것으로, 빛의 에너지 크기에 관계없이 그 간격이 일정하게 유지됨을 보여준다.
- <94> 굴절을 분산을 반영한 효과는 푸리에 변환을 하면 더욱 두드러지게 나타나는데 도 7a와 도 7b를 참조하여 설명하면, 도 7a는 유전박막의 굴절을 분산을 고려하지 않은 경우 반사율 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도이며, 도 7b는 유전박막의 굴절을 분산을 반영하여 반사율 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도이다.
- <95> 도 7a와 도 7b에 도시된 바와 같이, 굴절을 분산을 반영할 경우 푸리에 변환된 그래프에서 피크의 폭이 $1.61 \mu\text{m}$ 에서 $0.44 \mu\text{m}$ 으로 대폭 감소할 뿐만 아니라 피크의 크기 도 1.7 배 정도 증가하고, 이러한 피크의 크기 증가 및 폭의 감소는 굴절을 분산을 반영할 경우 반사율 스펙트럼의 진동간격이 균일해 지는 것에서 유래한 당연한 귀결로, 굴절을 분산을 고려한 푸리에 변환의 효과를 분명하게 보여준다.
- <96> 굴절을 분산을 고려할 경우에 얻어지는 또 하나의 큰 효과는 푸리에 변환을 한 후에 구해지는 두께값에서도 나타난다. 도 7a는 굴절률을 $n=1.6$ 으로 고정하고 푸리에 변환

을 한 후 가로축을 두께로 환산하여 나타낸 것으로, 유전박막은 도 4b에서와 같이 파장에 따라서 다른 굴절률을 갖고 있기 때문에 푸리에 피크 위치를 나누는 굴절률 값에 따라 얻어지는 두께 값이 달라진다.

<97> 따라서, 도 7a의 피크로부터 계산된 두께값이 $30.71 \mu\text{m}$ 으로 실제 두께와는 $0.71 \mu\text{m}$ 의 차이를 보여주는 것도 사용된 굴절률인 $n=1.6$ 이 500-900 nm 영역에 걸친 반사율 스펙트럼의 유효굴절률을 적절하게 반영하지 못하기 때문이며 이는 근본적으로 굴절률 분산을 고려하지 않기 때문에 유래하는 오차라고 볼 수 있다.

<98> 그러나 굴절률 분산을 고려한 고속 푸리에 변환 그래프도를 나타낸 도 7b에서는 파장에 따른 굴절률 분산을 정확하게 반영하고 있기 때문에 $30.0 \mu\text{m}$ 의 정확한 두께 값을 산출해줌으로써, 빠른 분석 속도 및 고정밀도의 막두께 측정을 가능하게 한다.

<99> 본 발명을 살펴보기 위하여 다른 실시예로, 본 발명인 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 실제 시료인 HD-DVD 시료의 반사 스펙트럼을 통하여 더욱 상세히 살펴보기로 한다.

<100> 여기서는, 실제 시료를 사용하여 실험한 후, 그 결과를 나타낸 것으로, 막두께 측정 장치는 구체적으로 한정시켜 설명하기로 한다.

<101> 본 발명인 막두께 측정 장치는 할로겐 광원, 유리 광섬유, 대물렌즈, 분광기 및 광 측정소자 배열, 고속 A/D 변환기, 컴퓨터를 포함하여 구성되며, 파장대역은 500-1000 nm, 파장분해능은 0.4 nm, 측정속도는 스펙트럼당 0.5 초 정도이며, 고속 푸리에 변환을 포함한 측정/분석 속도는 대략 2초/회 정도이다.

- <102> 측정에 사용된 시료는 차세대 광기록 매체로 각광을 받고 있는 HD-DVD용 광디스크로써 관심의 대상이 되는 막들은 두께가 80 μm 정도인 덮개층(Cover Layer, CL)과 그 아래에 있는 10 여 μm 의 두께를 가지는 사이층(Spacer Layer, SL)이다.
- <103> 도 8~도 9는 본 발명에 따른 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치 및 방법을 실제 시료인 HD-DVD에 적용하여 분석한 결과도를 참조하여 그 효과를 알아보면, 도 8a는 파장 분해능이 작은 경우, HD-DVD 시료의 반사 스펙트럼을 나타낸 그래프도이며, 도 8b는 파장 분해능이 큰 경우, HD-DVD 시료의 반사 스펙트럼을 나타낸 그래프도이다.
- <104> 덮개층과 사이층이 PC 기판 위에 있고 L/G 요철구조 위에 이중기록층 구조를 가지고 있는 HD-DVD 시료의 전형적인 반사 스펙트럼을 보인 것으로, 파장 분해능이 작은 경우에 비해 파장 분해능이 큰 경우 반사 스펙트럼에서 두꺼운 덮개층에 의한 빠른 진동을 뚜렷이 볼 수 있음과 동시에 반사 스펙트럼의 파장분해능 의존성을 동시에 확인할 수 있다.
- <105> 도 9a는 파장 분해능이 낮은 반사 스펙트럼의 푸리에 변환한 그래프도를 나타낸 것으로, 도 8a에서 도시된 바와 같이, 두꺼운 덮개층에 대응되는 피크는 매우 약하며 상대적으로 얇은 사이층에 의한 피크가 뚜렷하게 나타남을 볼 수 있다.
- <106> 도 9b는 파장 분해능은 높으나, 굴절률 분산을 고려하지 않은 반사 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도를 나타낸 것이며, 도 9c는 파장 분해능도 높고, 굴절률 분산도 고려한 반사 스펙트럼의 고속 푸리에 변환한 그래프도를 나타낸 것이다.

- <107> 파장 분해능이 높은 경우의 반사율 스펙트럼을 나타낸 도 8b를 분석한 도 9b와 도 9c에서는 사이층과 덮게층에 의한 피크들이 모두 관찰된 것을 알 수 있다. 다만 덮게층의 굴절률은 공기와 비교할 때 사이층의 그것과는 큰 차이가 나지 않기 때문에 덮게층만에 의한 피크보다는 사이층과 덮게층의 두께의 합에 대응되는 피크가 크게 관찰된다.
- <108> 도 8b의 반사 스펙트럼을 굴절률 분산을 고려한 경우와 그러하지 않은 경우로 나누어 분석한 결과를 비교하면 다음과 같다.
- <109> 합 두께에 대응되는 피크는 굴절률 분산을 반영하지 않을 경우, 도 9b에서와 같이 $94.89 \mu\text{m}$ 를 중심으로 피크의 폭은 $1.77 \mu\text{m}$, 피크의 크기는 392로 나타남을 알 수 있고, 이에 비해서 굴절률 분산을 반영한 경우에는 도 9c에서와 같이 피크의 폭은 $0.63 \mu\text{m}$ 으로 대폭 감소하며 피크의 크기는 614로 커지며, 두께는 $92.81 \mu\text{m}$ 으로 나타남을 알 수 있다.
- <110> 도 9b에서는 관찰하기 어려운 덮게층만에 대응되는 피크도 약하지만, 도 9c에서는 $79.80 \mu\text{m}$ 의 위치에서 관찰되며, 사이층의 두께인 $13.43 \mu\text{m}$ 을 더한 값은 합 두께와 거의 일치한다.
- <111> 굴절률 분산을 반영하지 않은 합 두께 값이 $2.08 \mu\text{m}$ 정도 크게 나타나는 것은 $30 \mu\text{m}$ 의 유전박막에 의한 반사율 스펙트럼의 전산시뮬레이션 계산 및 분석에서 검토해 본 바와 같이 고정된 굴절률 입력에 따른 결과로 해석된다.
- <112> 이상의 실시예들은 본원 발명을 설명하기 위한 것으로 본원 발명의 범위는 상기한 실시예들에 한정되지 않으며 첨부된 청구 범위에 의거하여 정의되는 본원 발명의 범주 내에서 당업자들에 의하여 변형 또는 수정될 수 있다.

【발명의 효과】

- <113> 본 발명에 의하면, 굴절을 가중치를 주어 박막의 굴절을 분산을 반영한 반사율 스펙트럼을 빛의 에너지 축상에서 고속 푸리에 변환하여 구한 진동주기를 통하여 막두께를 측정하는 데 있어서, 빠른 분석 속도를 유지하면서도 고정밀도로 막두께를 측정할 수 있어 장치의 신뢰성을 향상시켜 생산수율을 높일 수 있는 효과가 있다.
- <114> 또한, 박막의 종류와 구조에 구애받지 않고 또는 기판상에 반사막이 일정 면적비로 형성된 부분이 있더라도, 혹은 기판상에 다층 박막이 형성된 경우에도 고정밀도 및 빠른 분석 속도로 막두께를 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 투과율 스펙트럼 등 두꺼운 박막의 간섭에 의한 진동을 보이는 다른 스펙트럼에서도 적용될 수 있어서 빠른 분석 속도 및 고정밀도의 막두께 측정 및 분석을 통하여 실시간 측정 및 정확한 분석을 요구하는 산업체의 요구에 최적으로 대응할 수 있어 대내·외적으로 시장 경쟁력을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

광원과 상기 광원으로부터 방출된 광을 집속하여 일측으로 조사시키고, 박막이 있는 기관의 시료표면으로부터 반사된 광을 수용하여 타측으로 출사시키는 광섬유와 상기 광섬유로부터 방출된 광이나, 상기 시료표면으로부터 반사된 광의 배율을 조절하는 렌즈를 포함하여 구성된 수광부와;

상기 시료표면으로부터 반사되어, 렌즈를 통해 광섬유로 입력되어 타측으로 출사된 반사광을 각 파장의 광 강도(스펙트럼)에 따라 분할하는 분광기와 각 파장의 광량을 제공하는 광측정소자배열을 포함하여 구성된 검출부와;

상기 검출부를 통해 검출된 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환하는 변환부와;

상기 변환부에 통해 변환된 데이터를 굴절률 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 진동수를 구하는 연산부와;

상기 연산부에 통해 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정 및 분석하고, 디스플레이 되는 분석부를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치.

【청구항 2】

제 1항에 있어서,

상기 굴절을 분산을 반영한 고속 푸리에 변환을 통해 진동수를 구하는 연산부는 굴절을 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구한 진동수에 의해 막두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치.

【청구항 3】

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 연산부는 다음의 수학적식들

$$OPD = 2n_f d$$

$$n_f d = \frac{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)}{2\Delta\lambda} \approx \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda}$$

$$= \frac{619.9}{\Delta E}$$

에 의해 고속 푸리에 변환을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치.

-여기서, OPD 는 반사파와 유전박막을 1회 왕복한 반사판간의 광로차, d 는 박막의 두께, n_f 는 박막의 굴절률, λ 는 빛의 파장, $\Delta\lambda$ 는 간섭에 의한 진동주기의 두 광파의 파장 차이, ΔE 는 두 광파의 에너지의 차이를 나타낸다.-

【청구항 4】

제 1항에 있어서,

상기 연산부는 다음의 수학적식들

$$n_f d = 619.9 \times f_E$$

$d = \frac{619.9}{\Delta(n_f E)} = 619.9 \times f_{nE}$ 에 의해 박막의 두께를 연산하여 측정하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 장치.

-여기서, f_E 는 에너지 축에서의 반사 스펙트럼의 진동수, d 는 박막의 두께, n_f 는 박막의 굴절률, ΔE 는 두 광파의 에너지의 차이, f_{nE} 는 굴절률 가중치를 곱한 에너지 축상에서 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구한 진동수이다.-

【청구항 5】

박막에 의한 간섭효과를 통해 박막의 두께를 측정하는 방법에 있어서,

박막이 성장된 기판 상에 광원으로부터 방출된 광을 집속하여 광섬유의 일측끝에 조사시키는 단계와;

상기 광섬유의 일측 끝으로부터 조사된 광을 렌즈를 통하여 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 조사시키는 단계와;

상기 박막이 있는 시료 표면에 수직으로 조사된 광이 반사되어 렌즈를 통하여 광섬유로 입력되어, 상기 광섬유의 타측 끝으로 출사시키는 단계와;

상기 출사된 광을 각 파장의 스펙트럼으로 분할하는 검출부를 통하여 파장별 스펙트럼 데이터를 아날로그 신호로 변환된 후, 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환되는 단계와;

상기 변환된 신호를 통하여 굴절률 분산을 반영하여 고속 푸리에 변환을 통해 구해진 진동주기에 의해 막두께를 연산하는 단계와;

상기 연산된 막두께에 의해 막의 두께를 분석하고, 분석된 결과를 디스플레이하여 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법.

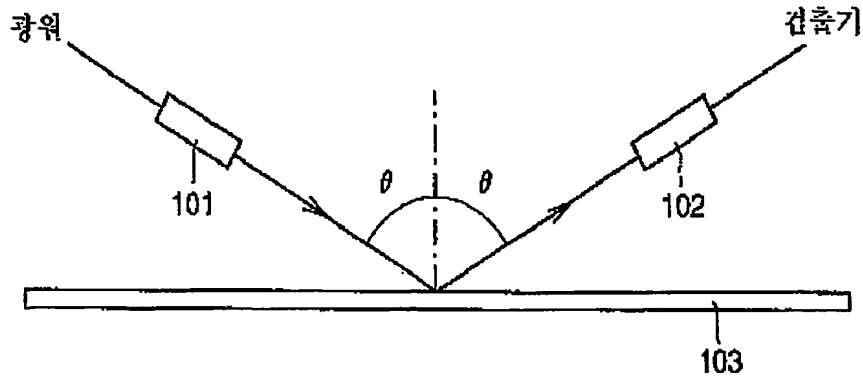
【청구항 6】

제 5항에 있어서,

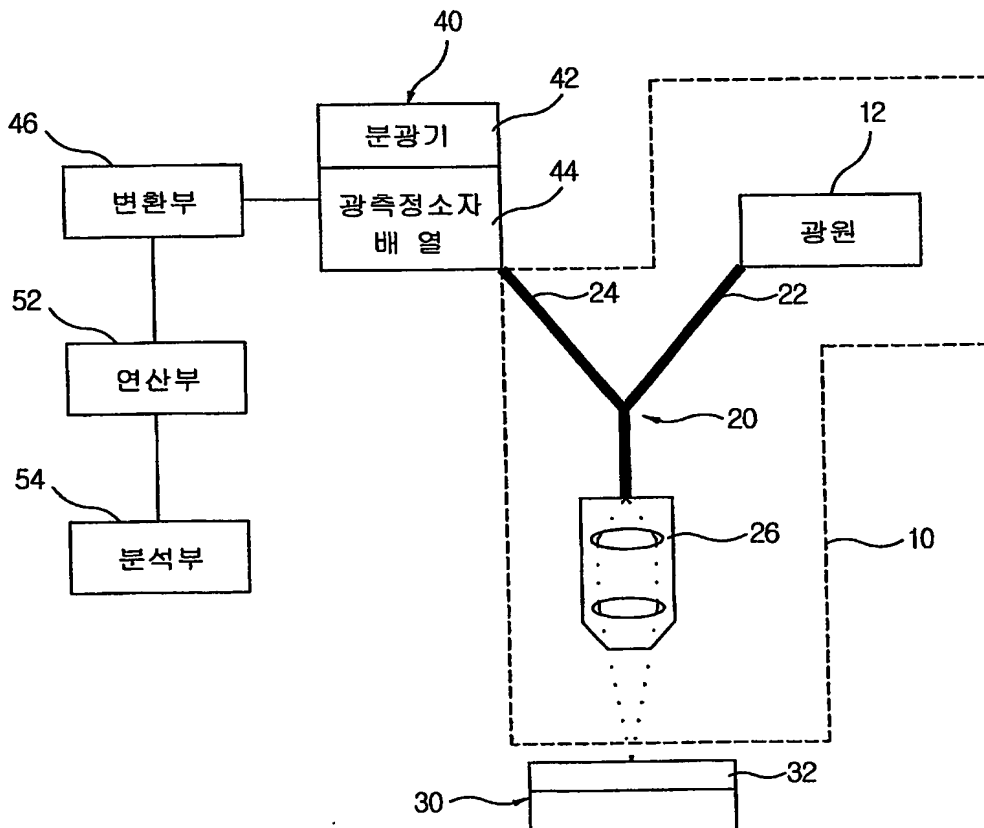
상기 굴절률 분산을 반영하여 고속 푸리에 변환을 통해 구해진 진동주기에 의해 막두께를 연산하는 단계는 $d = \frac{619.9}{\Delta(n_f E)} = 619.9 \times f_{nz}$ 에 의해 굴절률 가중치를 곱한 에너지 축에서의 반사 스펙트럼을 고속 푸리에 변환하여 구해진 진동수에 의해 막두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 개선된 고속 푸리에 변환을 이용한 막두께 측정 방법.

【도면】

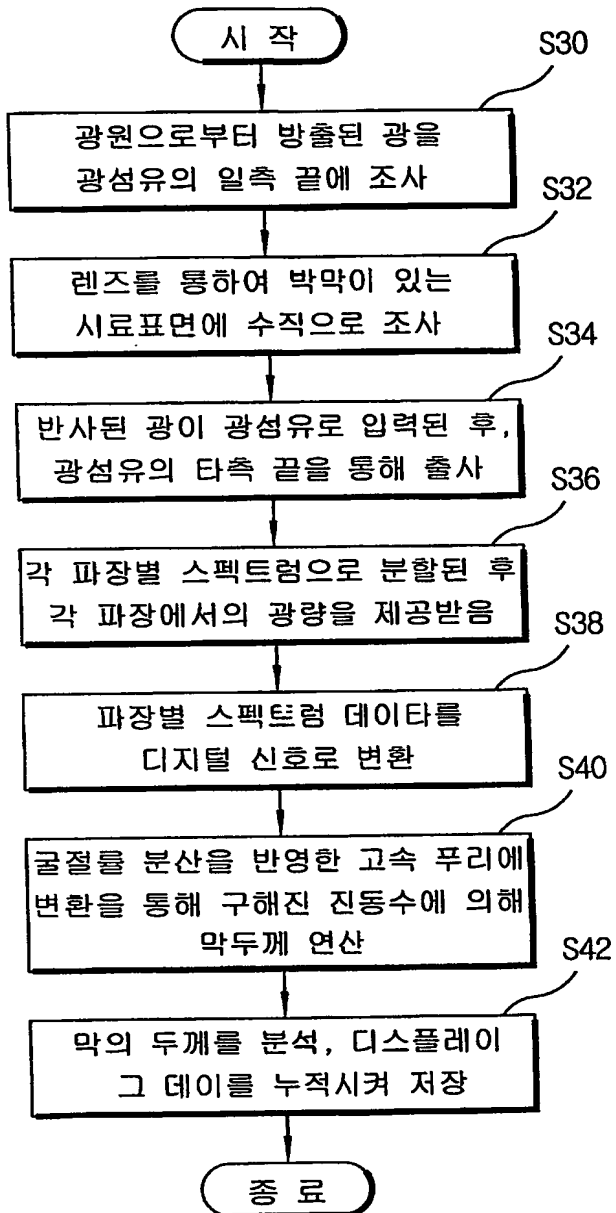
【도 1】



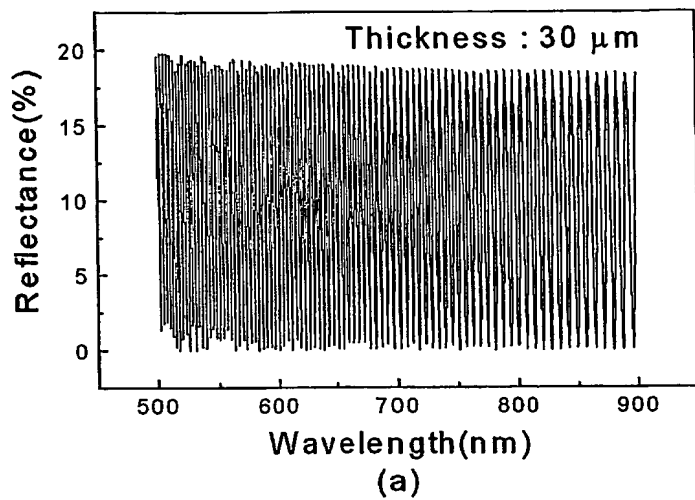
【도 2】



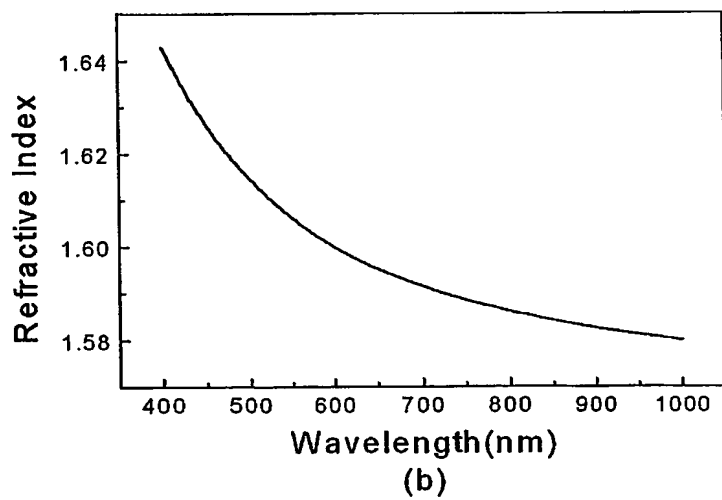
【도 3】



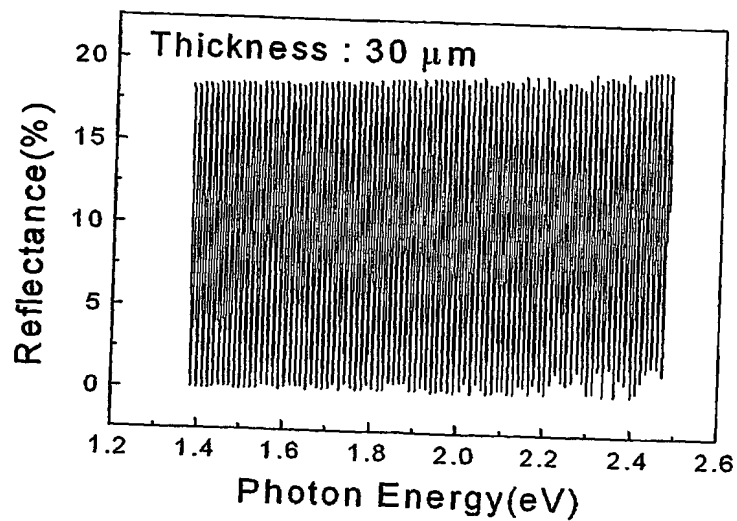
【도 4a】



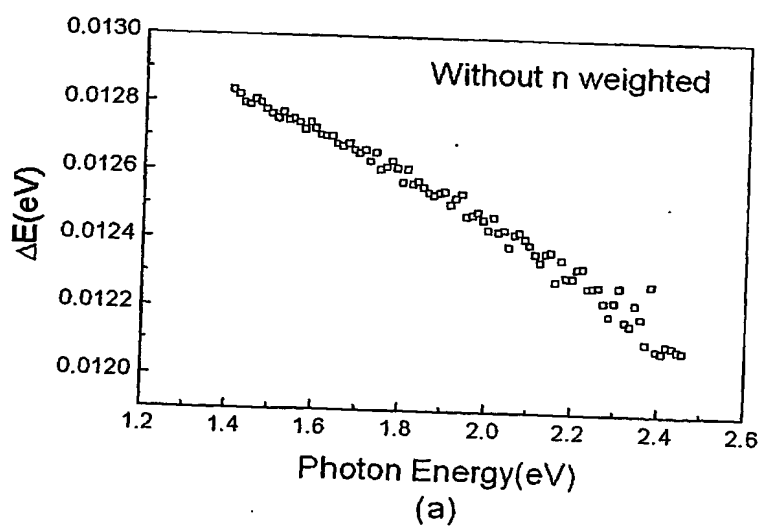
【도 4b】



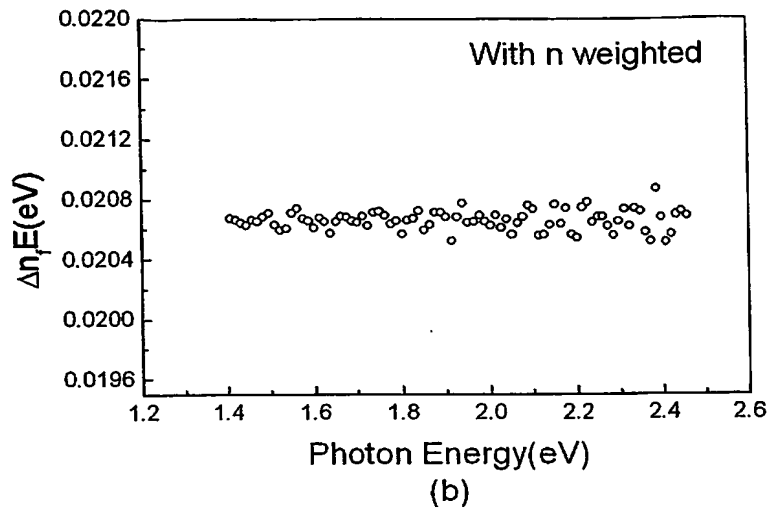
【도 5】



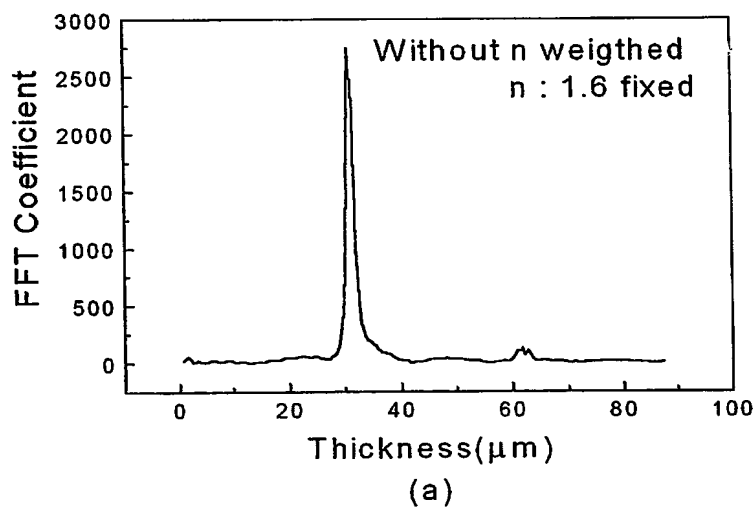
【도 6a】



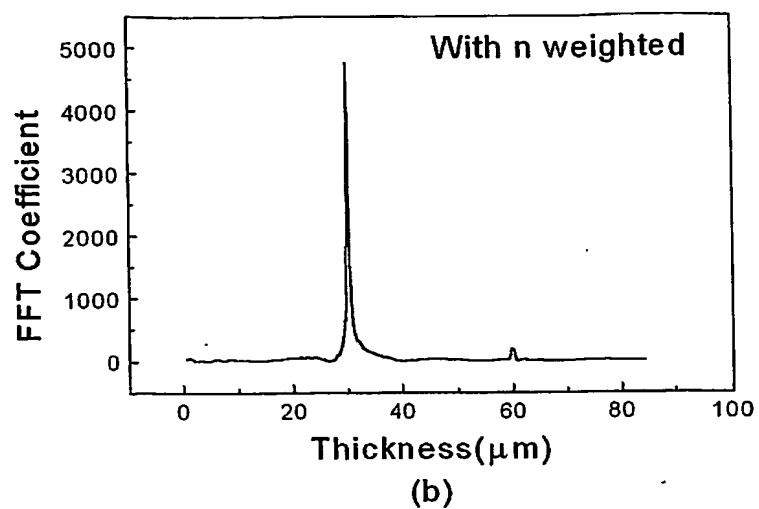
【도 6b】



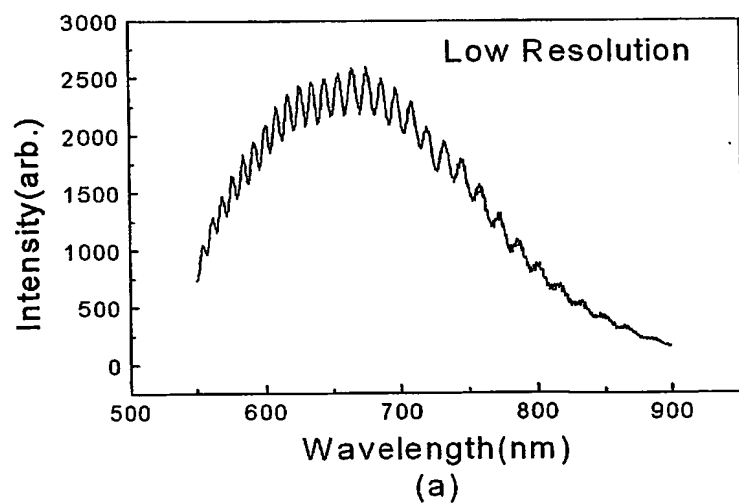
【도 7a】



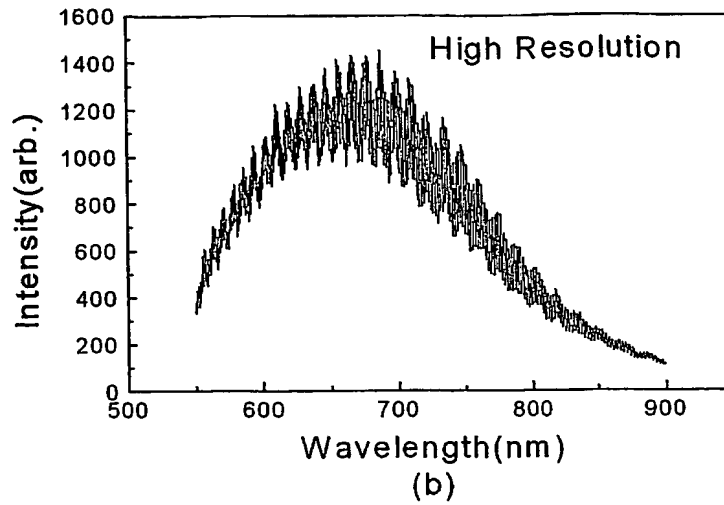
【도 7b】



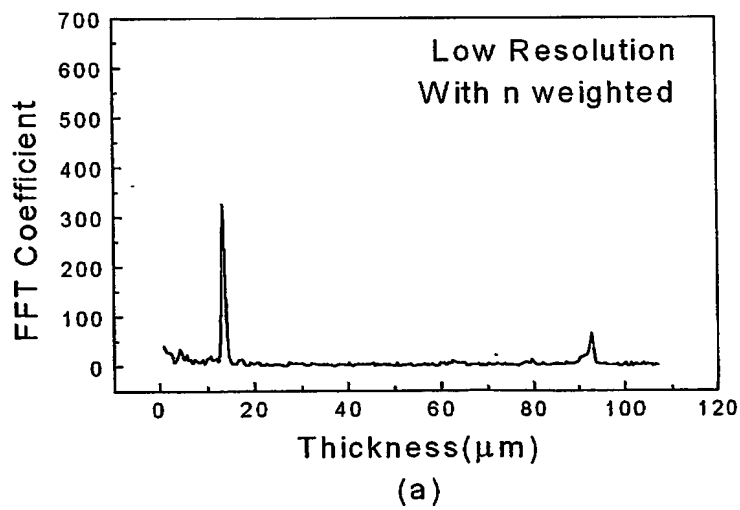
【도 8a】



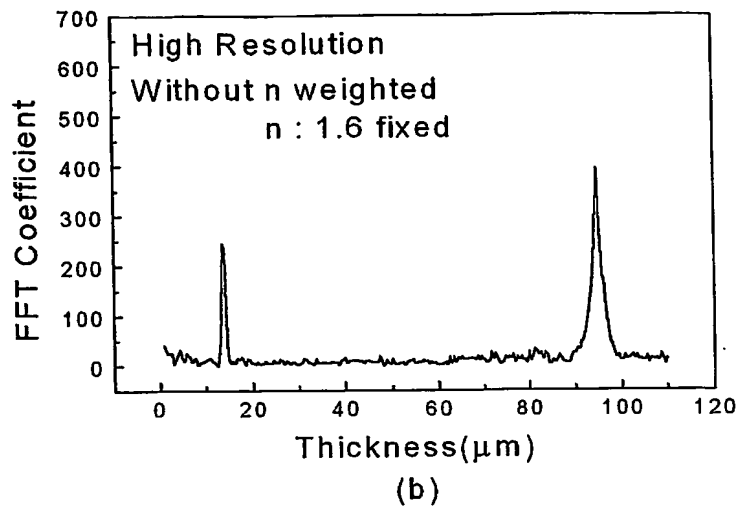
【도 8b】



【도 9a】



【도 9b】



【도 9c】

